

Молекулярная организация нервной системы  
**Лекция 9: Молекулярная организация  
пресинаптического окончания: синтез и  
транспорт синаптических везикул**

казанский медицинский  
**университет**

**Казань**

**Лекция**

**ноябрь 2015**



**П.Д. Брежестовский**

Институт динамики мозга

Факультет медицины

Университет Aix-Marseille

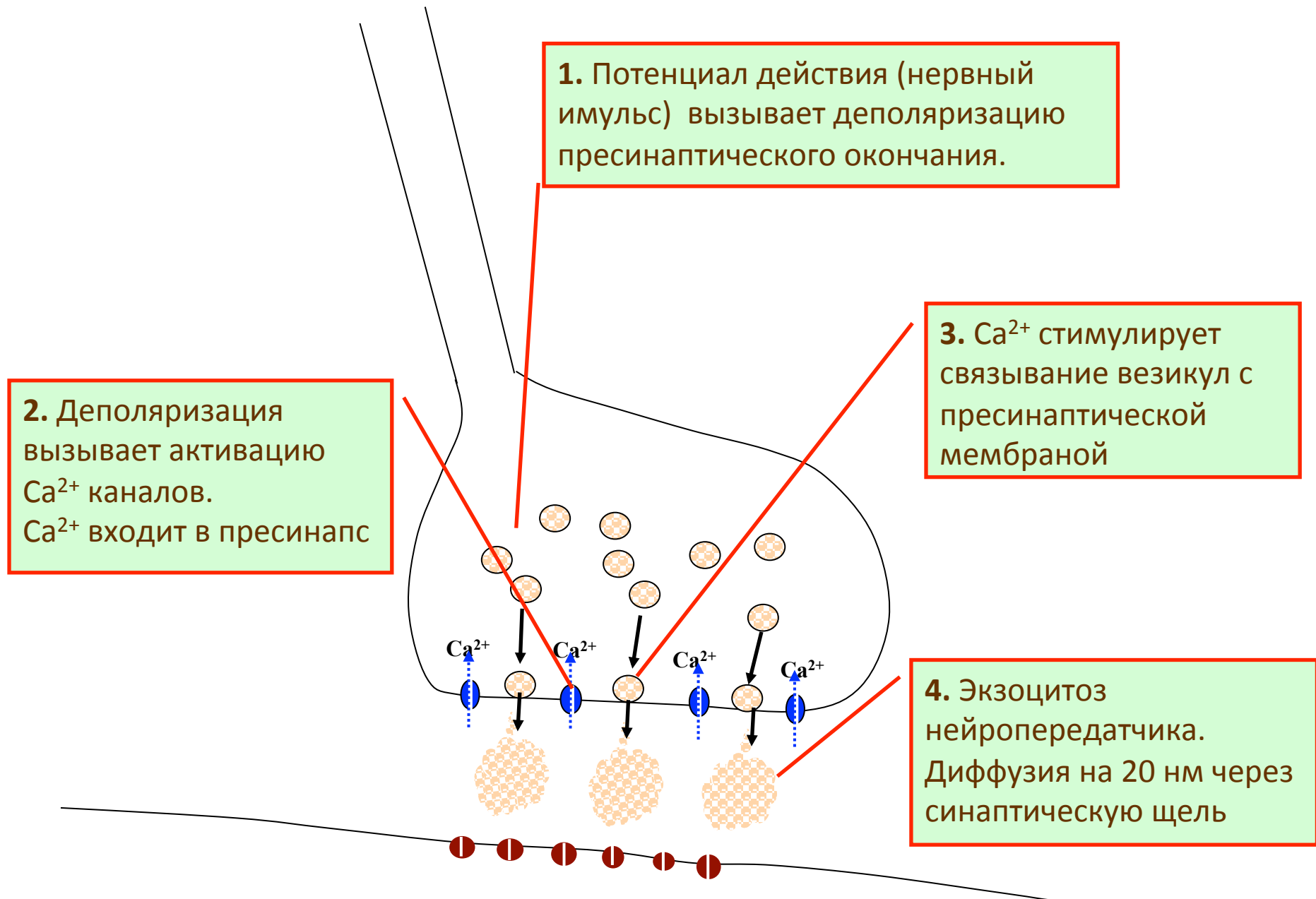
Марсель, Франция

[piotr.bregestovski@univ-amu.fr](mailto:piotr.bregestovski@univ-amu.fr) [pbreges@gmail.com](mailto:pbreges@gmail.com)

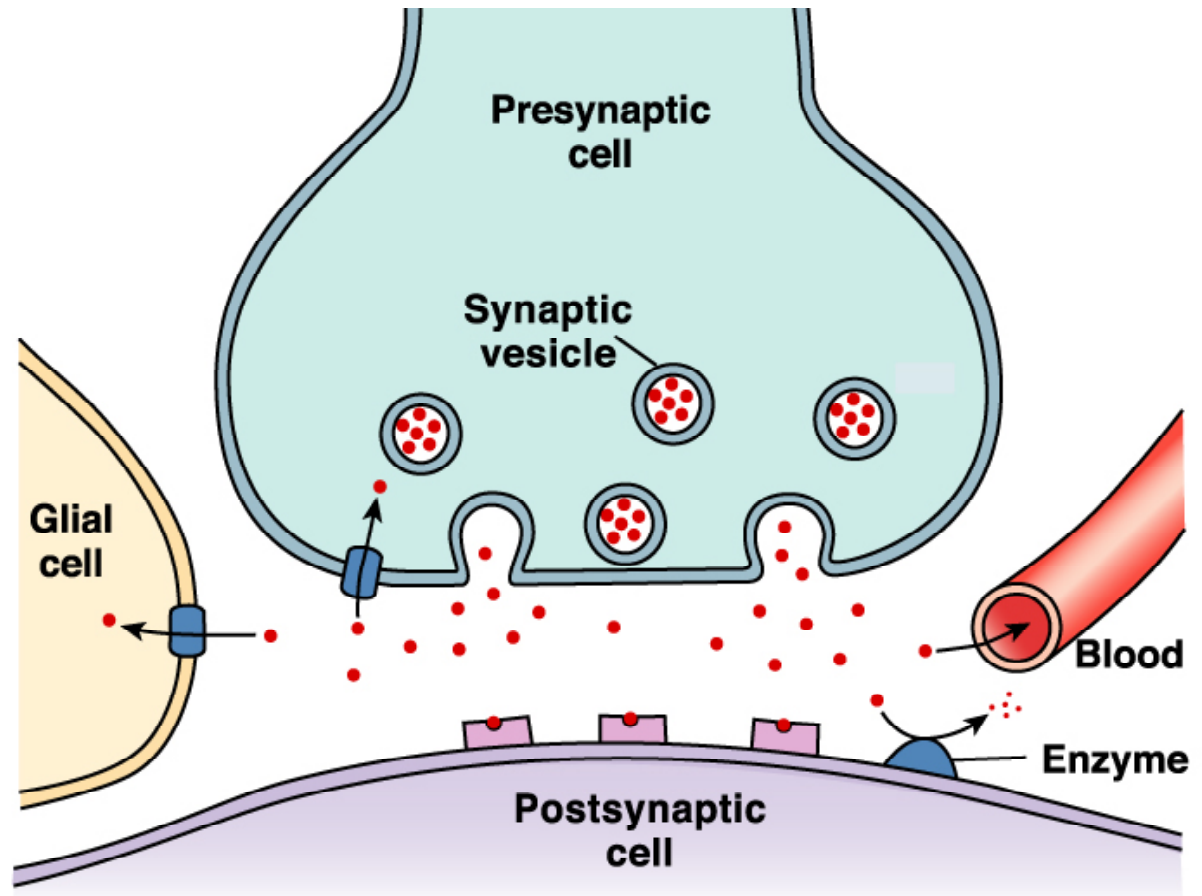
# План

- Ключевые этапы выброса нейромедиатора
- Процесс синтеза нейромедиатора
- Прекращение действия нейромедиатора
- Синтез везикул и белков:
  - эндоплазматический ретикулум
  - прохождение через аппарат Гольджи
- Транспорт по микротрубочкам
  - антероградный и ретроградный аксональный транспорт
  - моторные белки: динеины и кинезины
- Нейропатологии, связанные с нарушением аксонального транспорта

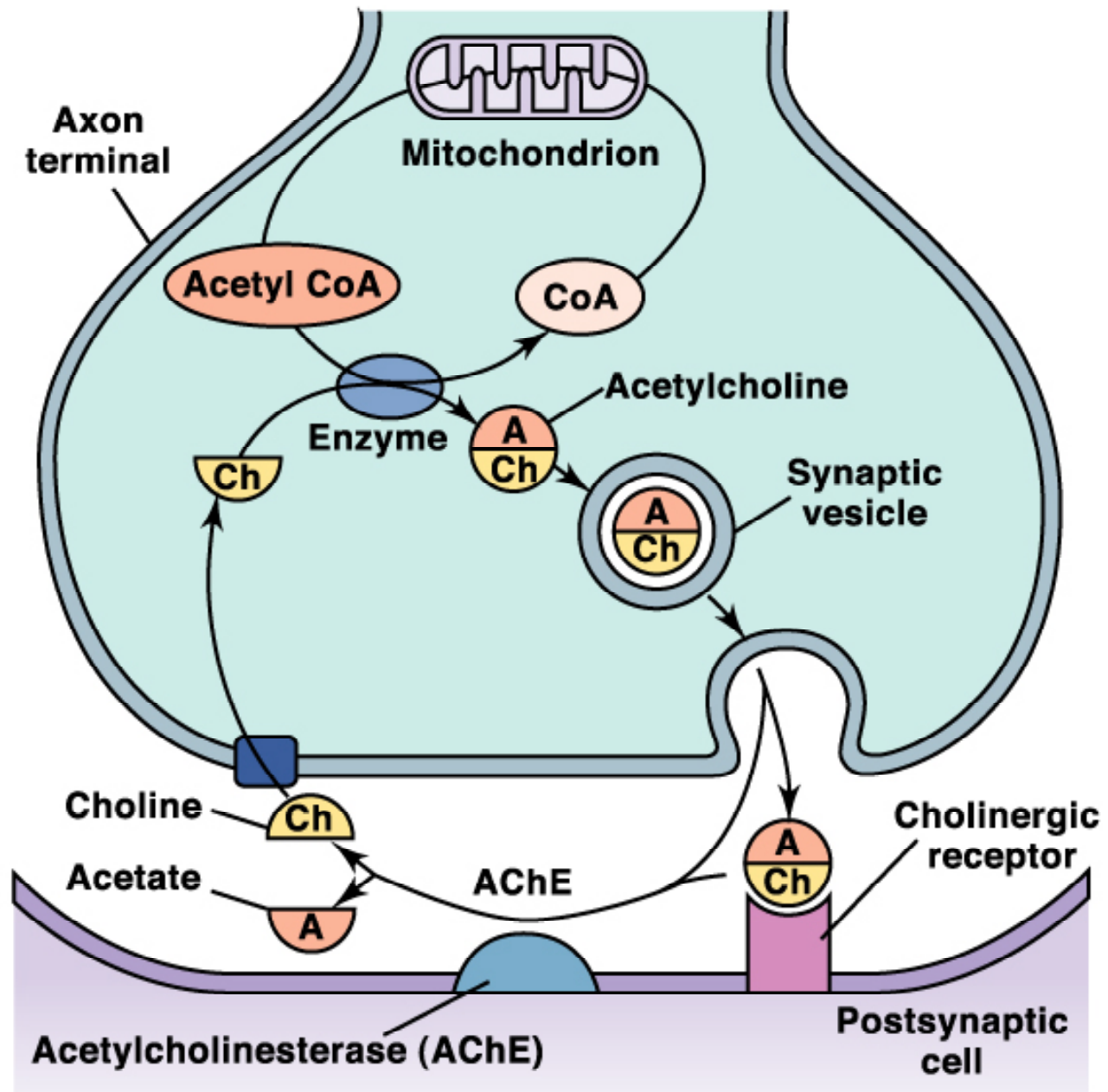
# Ключевые этапы выброса нейромедиатора



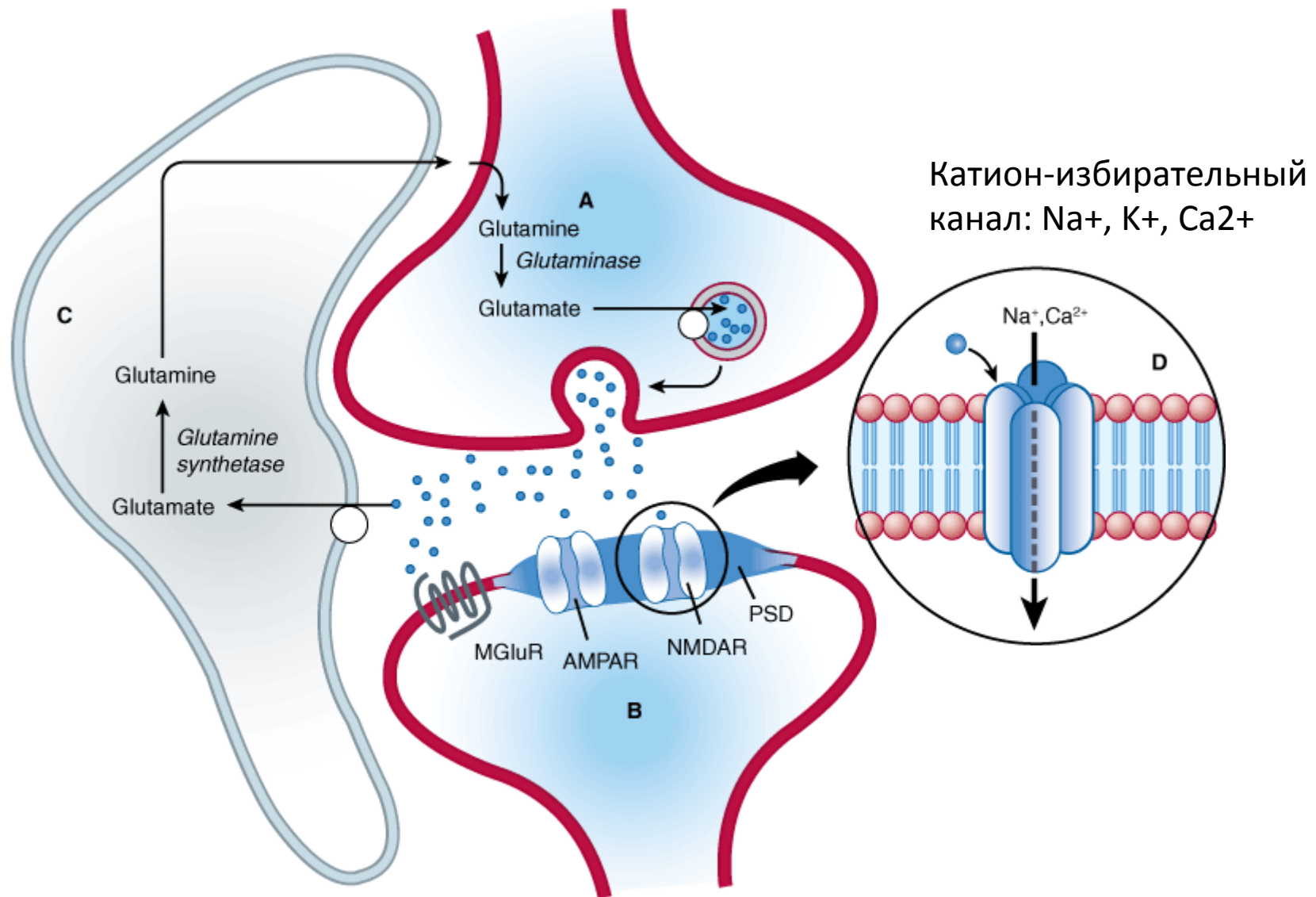
# Прекращение действия нейромедиатора



- Действие прекращается благодаря:
  - диффузии нейромедиатора из синаптической щели
  - транспорта в клетки (глию или обратно в нейрон);
  - разрушения специфическим ферментом.



# Schematic diagram of a glutamate synapse

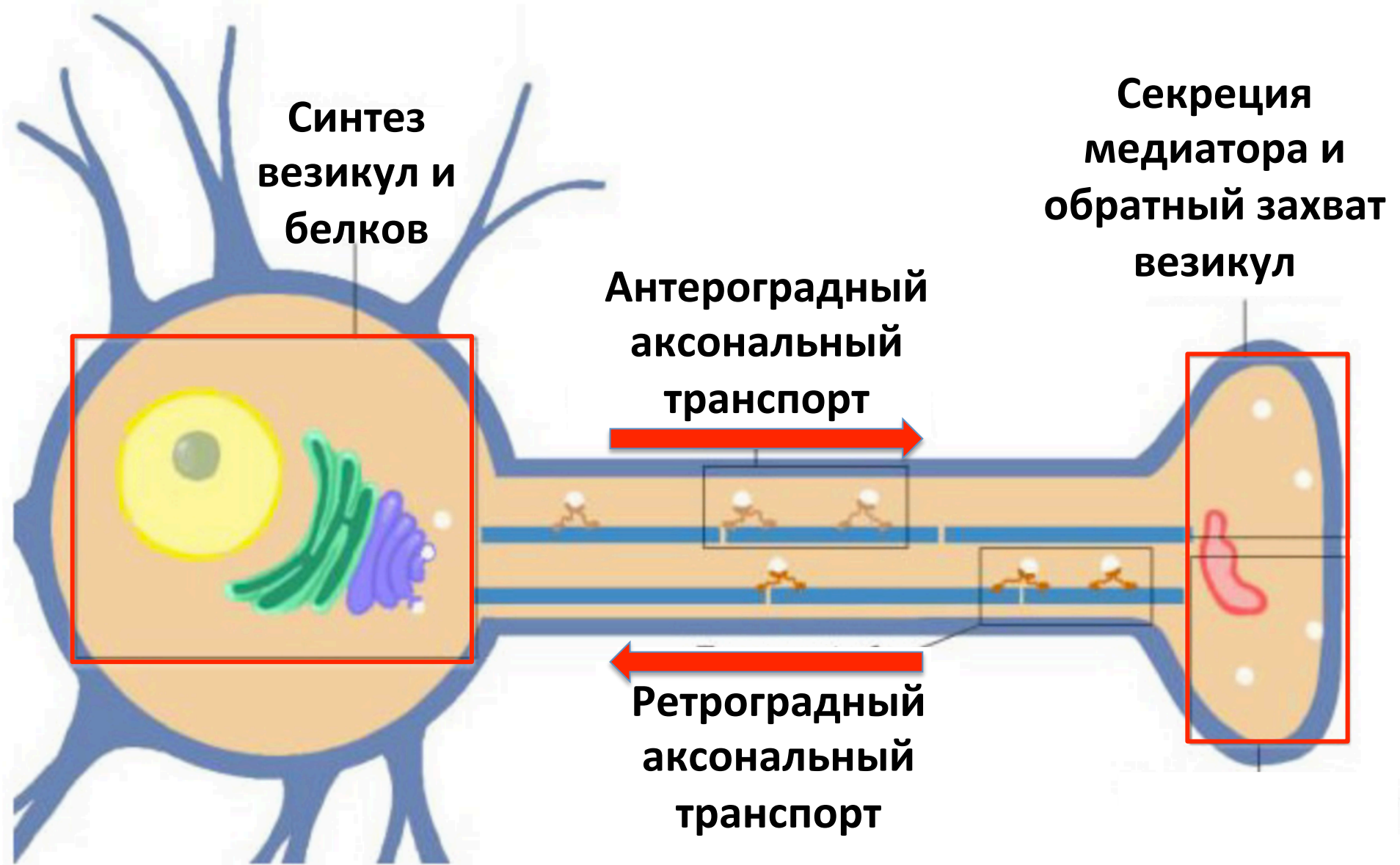


Source: Katzung BG, Masters SB, Trevor AJ: *Basic & Clinical Pharmacology*, 11th Edition: <http://www.accessmedicine.com>

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.

- Как нейромедиатор попадает в везикулы?
- Что представляют собой везикулы?
- Каким образом кальций стимулирует связывание везикул с пресинаптической мембраной?

# Синтез и транспорт везикул и белков

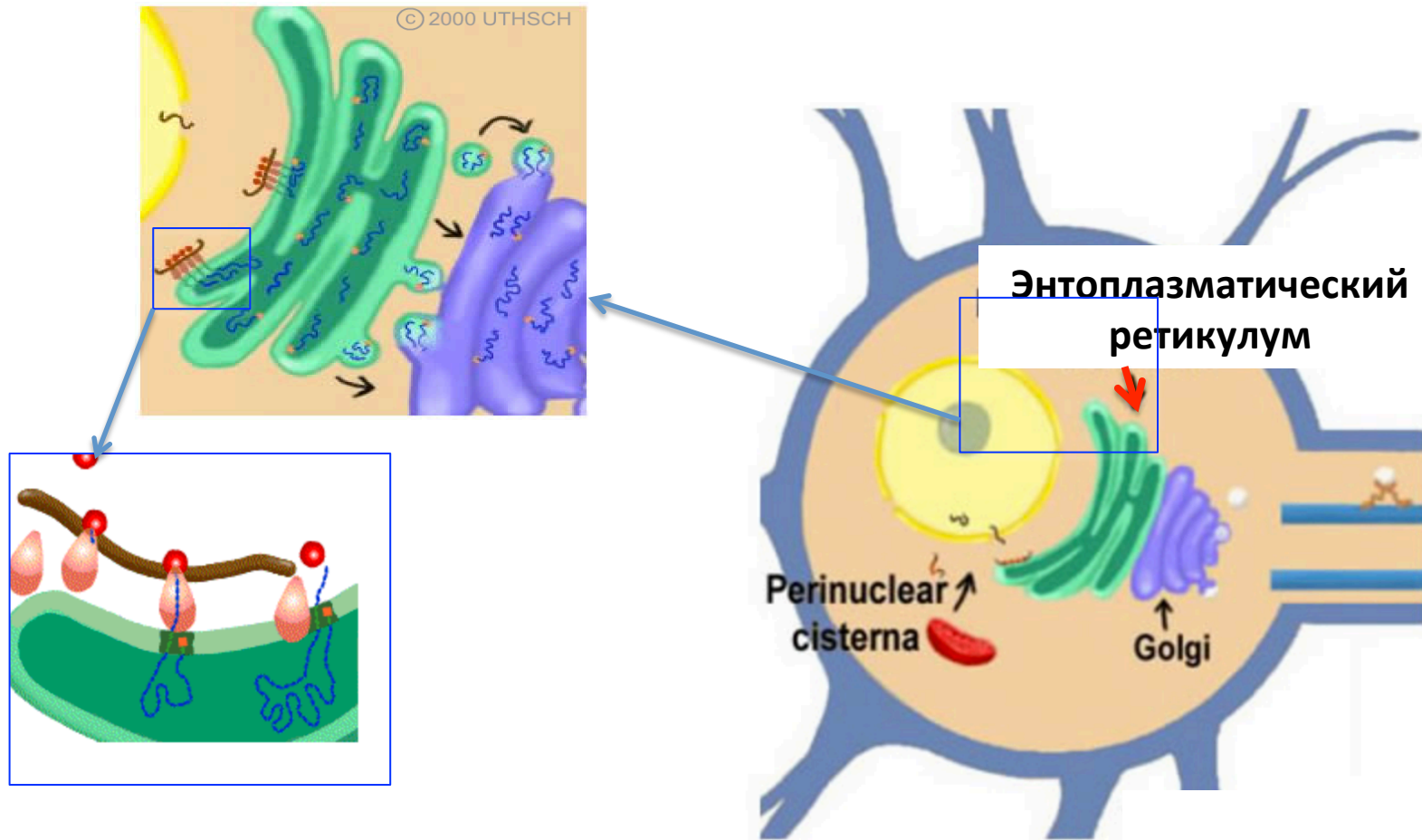




# Синтез при прохождении через гранулярный и гладкий эндоплазматический ретикулум

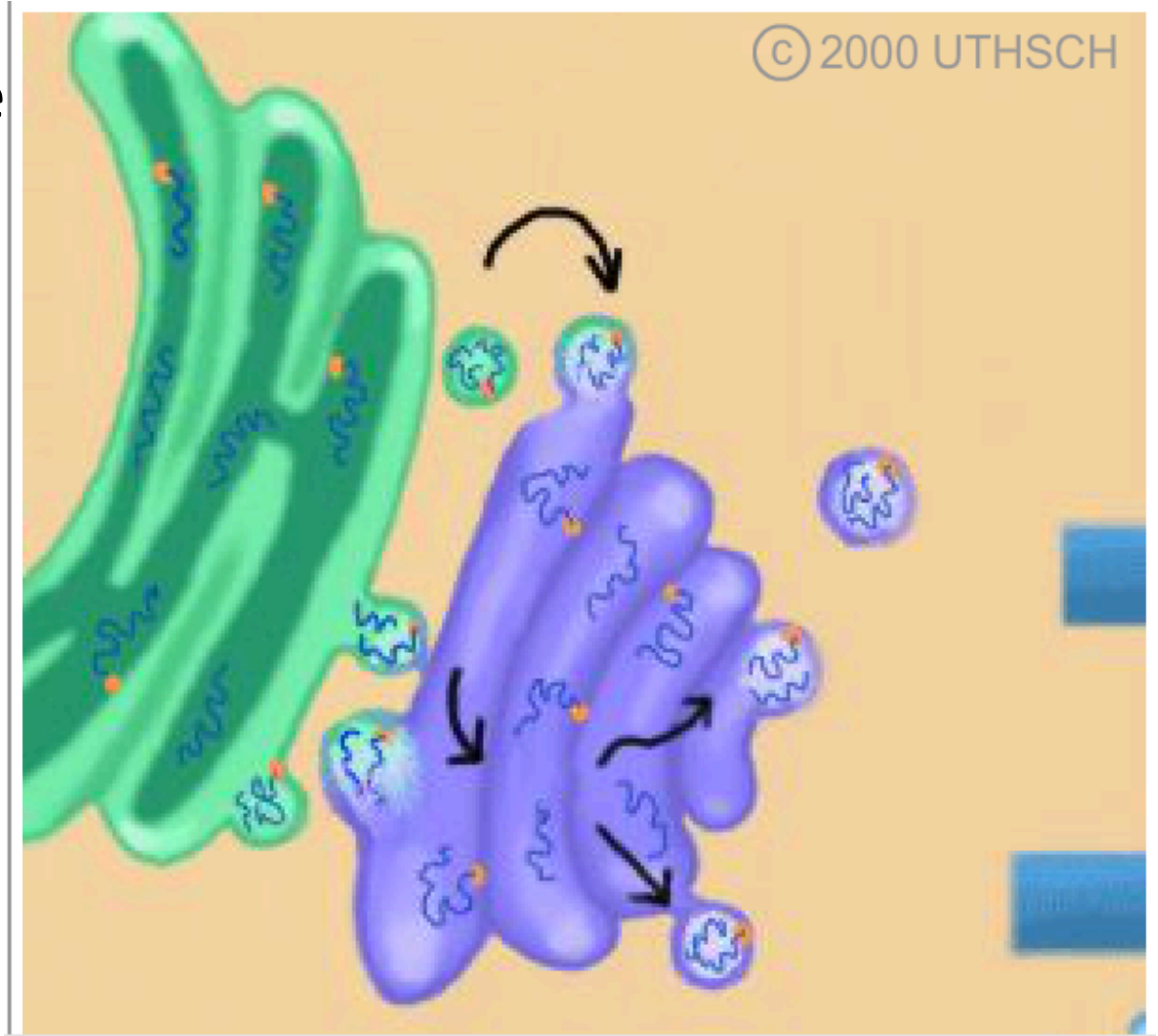
Синтез белков – в гранулярном ЭР

Синтез различных липидов, фосфолипидов, жирных кислот и стероидов – в гладком ЭР

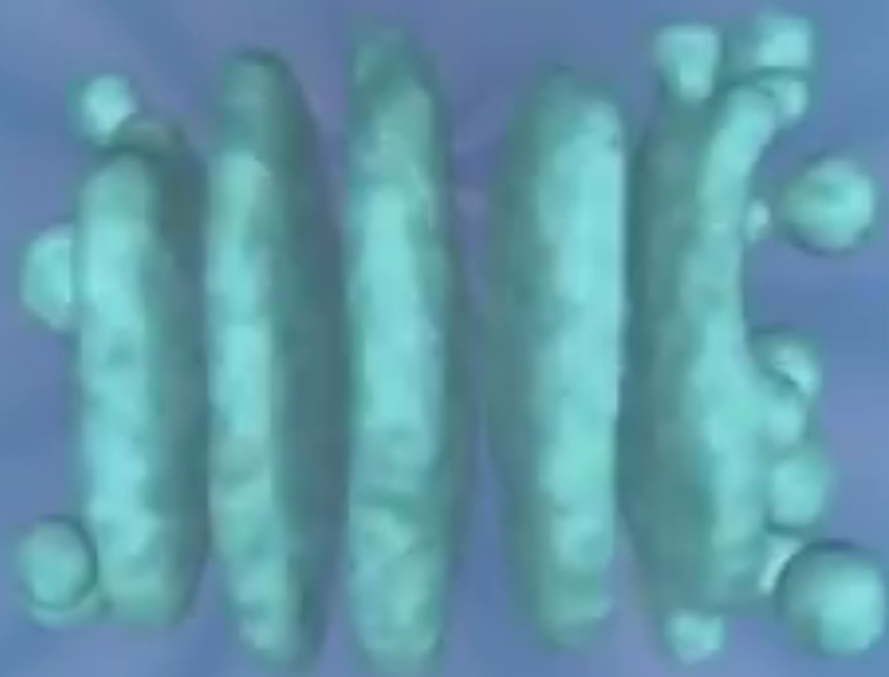


# Путешествие через аппарат Гольджи


- фосфорилирование
- гликозилирование
- протеолиз
- добавление жирных кислот



## Introducing: Protein Trafficking




Golgi Apparatus

A red car is shown driving on a track made of stacked microtubules, which are represented as a series of parallel rows of red and orange spheres. Three balloons, two purple and one orange, are attached to the car. Each balloon has the word "Cargo" written on it. The background is black with some white speckles.

**Моторные белки –  
поезда или автомобили**

**Микротрубочка - дорога**

A 3D visualization of microtubules within a cell. The microtubules are shown as green, hollow, cylindrical tubes. Some are long and straight, while others are shorter and more curved. They are arranged in a complex, interconnected network. The background is dark, making the green structures stand out.

# Microtubules

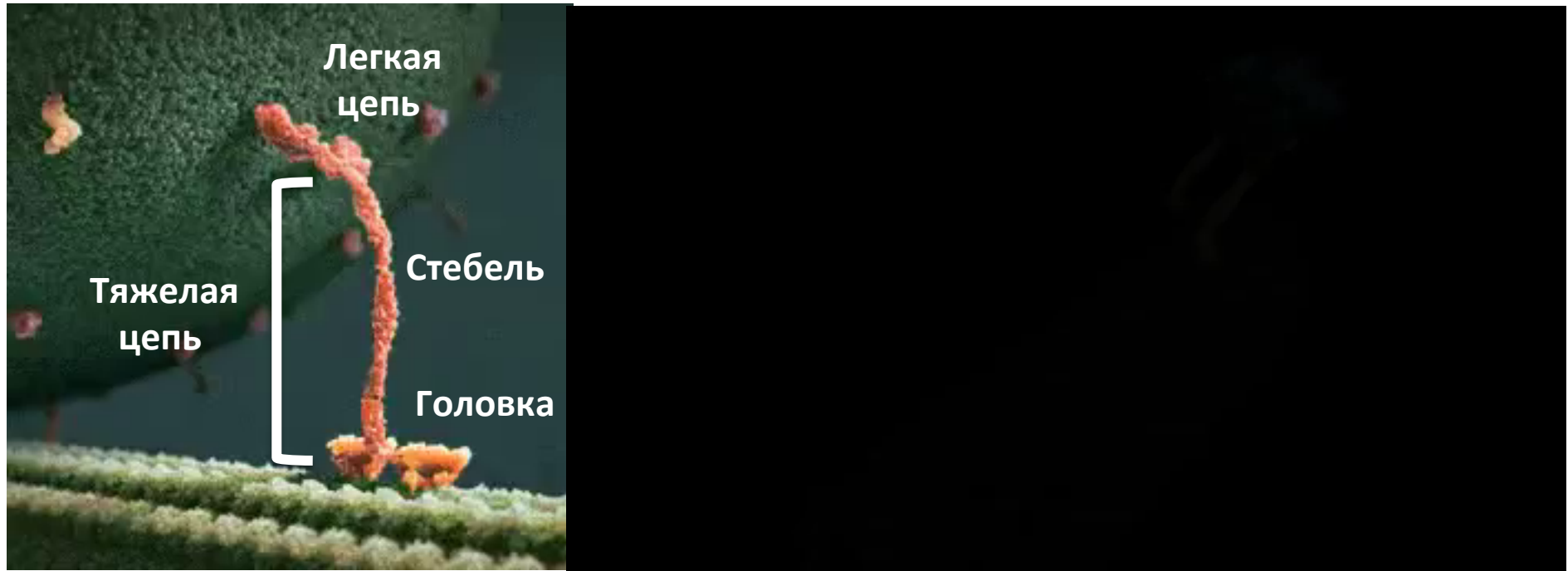
"The Inner Life of the Cell"  
by BioVisions at Harvard University

[iBioSeminars.org](http://iBioSeminars.org)

# Моторные белки

Кинезин

Динеин

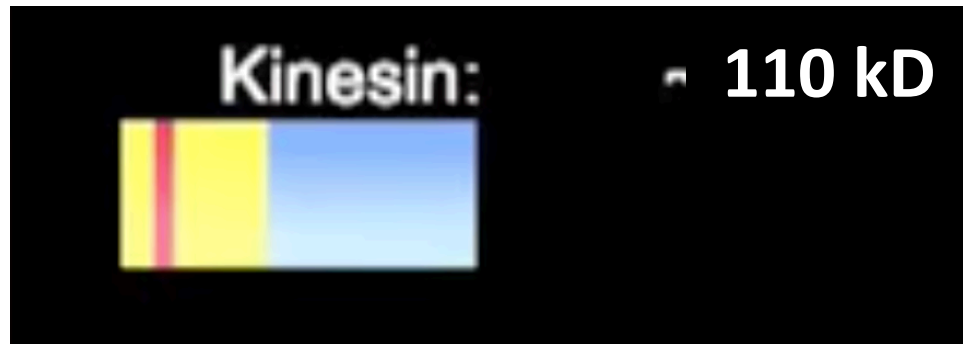


Антероградный  
транспорт

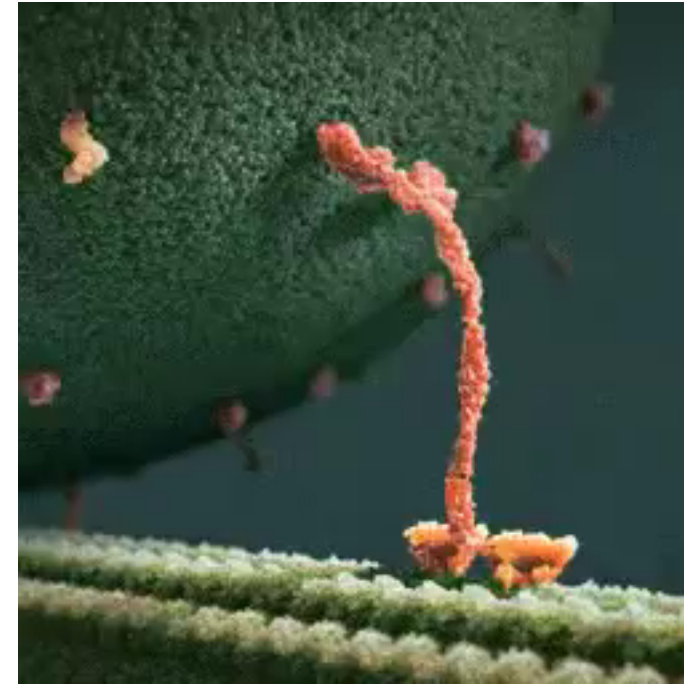
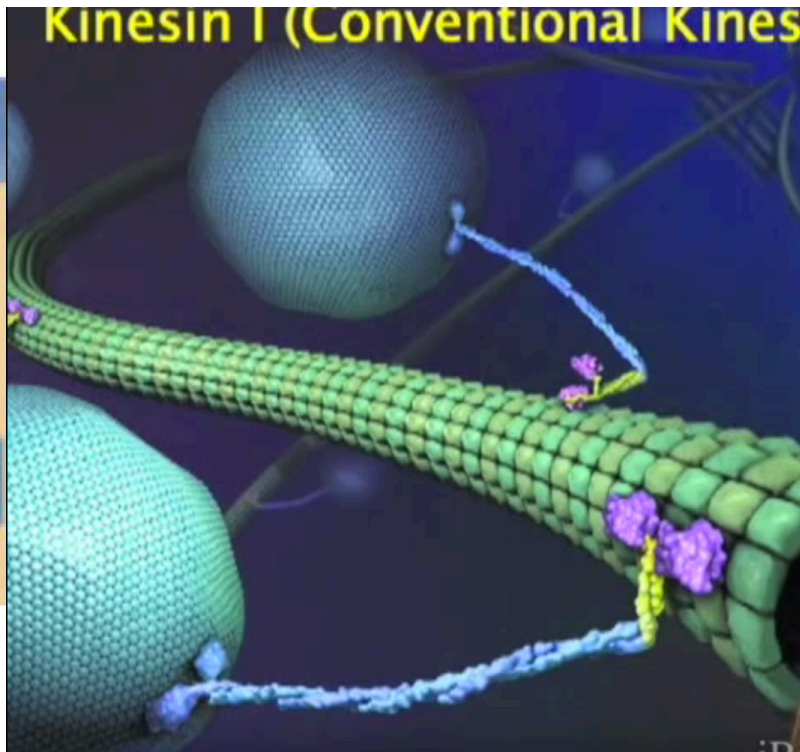
Ретроградный  
транспорт

# Кинезин и динеин

- Тяжелая цепь 110-135 кД; Легкая цепь 60-85 кД



# Быстрый антероградный аксонный транспорт



- Кинезины – тубулин- зависимые АТФазы. Двигаются по микротрубочкам, используя энергию гидролиза АТФ.
- Каждый «шаг» - энергия гидролиза одной молекулы АТФ
- Скорость транспорта 0,5-1,5 см в час.
- Человек — 45 кинезинов специализированных для разного транспорта



# Сравнение кинезина и автомобиля

## Кинезин

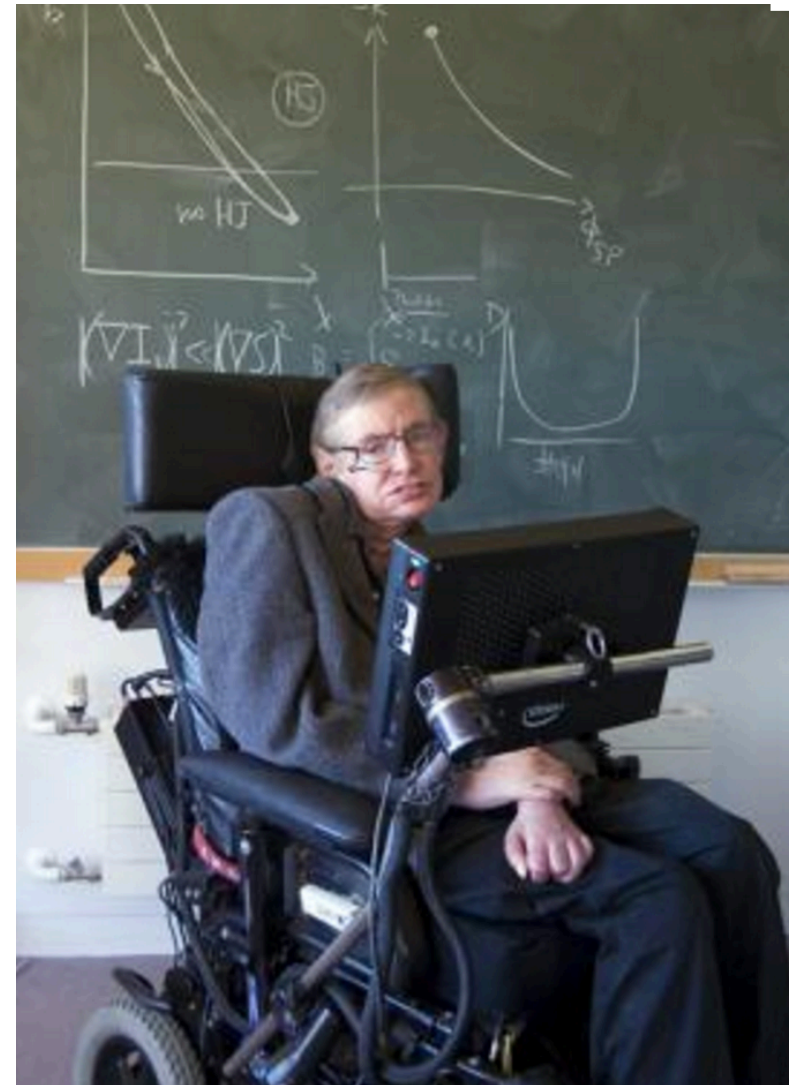
- Размер:  $10^{-8}$  м
- Горючее: АТФ
- Скорость  $4 \times 10^3$  м/час
- Отн. скорость:
  - $4 \times 10^5$  длин/час
- Эффективность: 60%

## Автомобиль

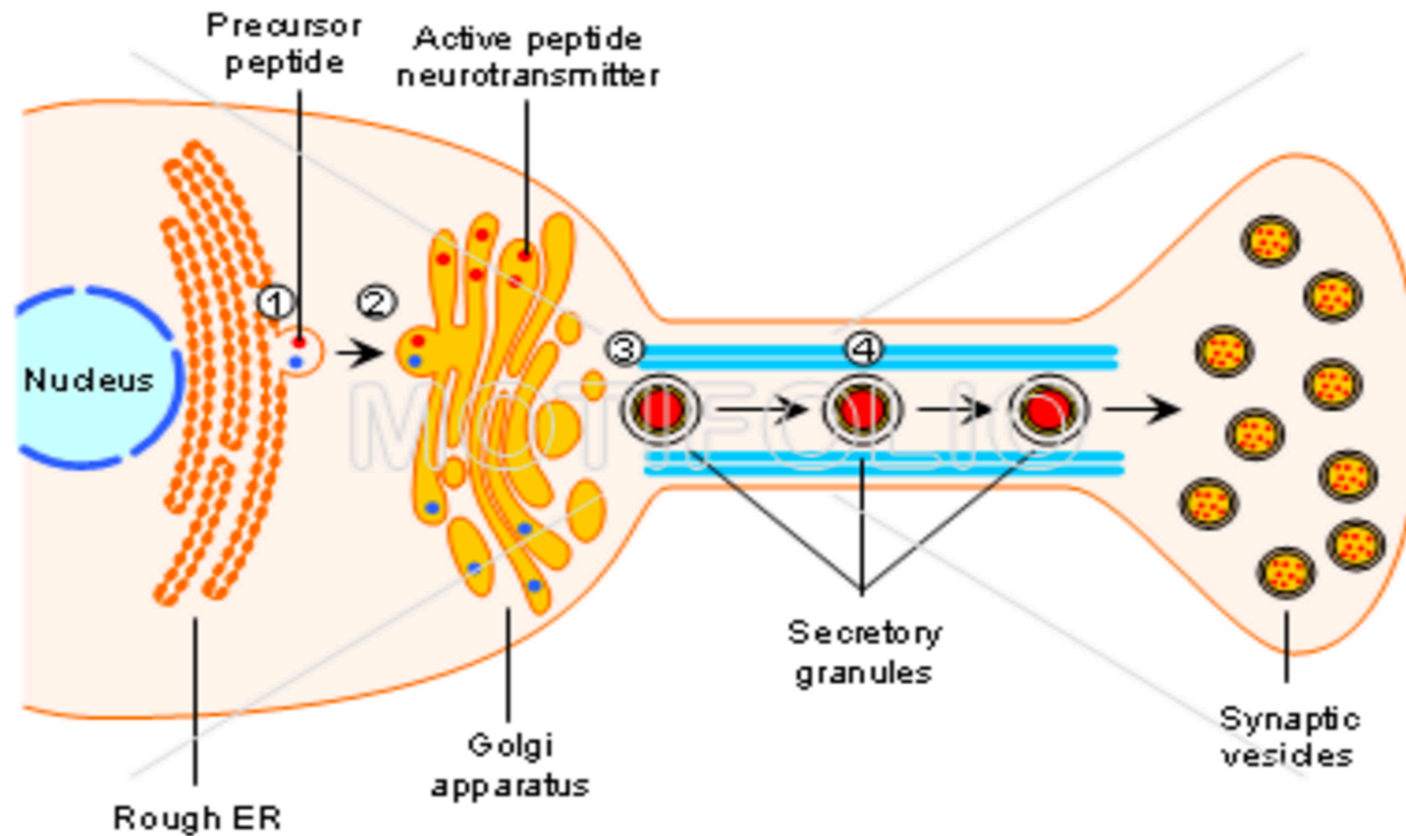
- 1 м
- Углеводороды
- $10^5$  м/час (100км/час)
  - $10^5$  длин/час
- 10%

# Неропатологии транспорта белков

- Нарушение транспорта может приводить к заболеваниям:
  - Болезнь Альцгеймера
  - Болезнь Хантингтона
  - Боковой (латеральный) амиотрофический склероз



# На память: синтез и транспорт везикул



1. Синтез в эндоплазматическом ретикулуме
2. Формирование в аппарате Гольджи
3. Прикрепление к кинезину
4. Транспорт по микротрубочкам с пресинаптическому окончанию

Кинезин антероградный тр-т  
Динеин – ретроградный тр-т

